

KARAKTERISASI KARET SIKLO BERBASIS LATEKS KARET ALAM BERBOBOT MOLEKUL RENDAH

Cyclo Rubber Characterization of NR Latex with Low Molecular Weight

Adi CIFRIADI, Emil BUDIANTO¹⁾, dan Ary Achyar ALFA

Summary

To develop the use of cyclo rubber based on natural rubber latex, the research of cyclo rubber characterization has been carried out, directed to fresh natural rubber latex and natural rubber latex with low molecular weight. The research was conducted in two steps. Firstly, the degradation of natural rubber latex using a combination of H₂O₂ and NaNO₂ as degradation agents to produce natural rubber latex with low molecular weight was studied. Secondly, the characteristics, both cyclo rubber produced by cyclisation of natural rubber latex and of natural rubber latex with low molecular weight were studied. The research result showed that the natural rubber latex with low molecular weight was produced by degradation of natural rubber latex using 1 phr H₂O₂ and 3 phr NaNO₂ as the degradation agents at 70°C for eight hours' reaction time. The cyclo rubber produced by cyclisation natural rubber latex with low molecular weight natural rubber latex indicated good adhesion characteristic on rubber to metal and metal to metal substrate.

Keywords: Natural rubber latex, NR latex with low molecular weight, degradation of natural rubber, cyclo rubber

Ringkasan

Untuk mengembangkan penggunaan karet siklo berbasis lateks karet alam, penelitian karakterisasi karet siklo yang berasal dari lateks karet alam dan lateks karet alam berbobot molekul rendah telah dilakukan. Penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama dilakukan penelitian tentang degradasi lateks karet alam menggunakan kombinasi bahan pendegradasi H₂O₂ dan NaNO₂ untuk menghasilkan lateks karet alam berbobot molekul rendah. Tahap kedua dipelajari karakteristik karet siklo dari siklisasi lateks karet alam dan lateks karet alam berbobot molekul rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa degradasi lateks karet alam pada temperatur reaksi sebesar 70°C dengan bahan pendegradasi H₂O₂ 1 bsk dan NaNO₂ 3 bsk selama 8 jam waktu reaksi dapat menghasilkan lateks karet alam yang memiliki bobot molekul rendah. Karet siklo dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah memiliki daya rekatan lebih baik pada substrat karet-logam dan logam-logam.

Kata kunci: Lateks karet alam, lateks karet alam berbobot molekul rendah, degradasi karet alam, karet siklo

¹⁾Departemen Kimia, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara utama penghasil karet alam di dunia, namun konsumsi karet alam di dalam negeri masih rendah hanya 10 - 15% dari produksinya. Langkah-langkah yang dapat ditempuh untuk meningkatkan penggunaan karet alam adalah melalui pengembangan produk karet untuk industri barang jadi karet alam serta diversifikasi produk karet alam. Salah satu bentuk diversifikasi produk karet alam yang dapat dilakukan adalah dengan modifikasi struktur molekul karet alam secara fisika ataupun kimia sehingga menghasilkan material baru yang memiliki karakteristik unik untuk penggunaan yang baru dan luas dalam bidang tertentu.

Teknologi modifikasi struktur molekul karet alam secara kimia maupun fisika telah lama dikembangkan oleh para ilmuwan dan ahli teknologi polimer. Modifikasi struktur secara fisika dapat dilakukan dengan cara antaraksi molekul secara fisika karet alam dengan karet sintesis, sedangkan modifikasi secara kimia pada karet alam dilakukan dengan mereaksikan bahan kimia tertentu sehingga dapat mengubah struktur molekul karet alam, seperti epoksidasi, hidrogenasi, degradasi kimia, klorinasi, pencangkokan (*grafting*), dan siklisasi karet alam. Salah satu bentuk modifikasi secara kimia pada karet alam adalah karet siklo. Karet siklo merupakan turunan dari karet alam yang diperoleh melalui proses siklisasi karet alam, yaitu proses modifikasi struktur molekul karet alam secara kimia yang semula berupa rantai terbuka menjadi struktur molekul yang melingkar

(Van Veersen, 1951). Karet siklo memiliki sifat daya rekat yang baik sehingga penggunaan utama dari produk ini sebagian besar untuk bahan baku perekat, cat, dan pelapis. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikaji pembuatan karet siklo dari siklisasi lateks karet alam yang memiliki bobot molekul rendah untuk menghasilkan karet siklo yang diprediksi memiliki sifat rekatan yang baik serta karakteristik unik lainnya sehingga karet siklo tersebut dapat diaplikasikan secara lebih luas.

BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini, untuk tahap awal dilakukan kajian pengaruh dosis kombinasi bahan degradasi (H_2O_2 dan $NaNO_2$) dan waktu reaksi dalam proses degradasi lateks karet alam. Berdasarkan penelitian awal tersebut diperoleh lateks karet alam yang memiliki bobot molekul relatif rata-rata viskositas karet terendah yang selanjutnya dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan karet siklo. Karet siklo yang dihasilkan tersebut kemudian dibandingkan karakteristiknya dengan karet siklo yang diperoleh dari reaksi siklisasi lateks karet alam. Bahan-bahan kimia yang dipakai dalam penelitian ini adalah : Lateks kebun klon campuran dari kebun Ciomas-Bogor, H_2O_2 , $NaNO_2$, H_2SO_4 , ZnO , asam stearat, sulfur, TBBS (*N-tert Buthyl-benzothiazole 2-sulphenamide*), surfaktan emal, dan surfaktan emulgen.

Degradasi Lateks Karet Alam

Degradasi lateks karet alam pada percobaan ini menggunakan

teknik degradasi secara kimia melalui oksidasi lateks karet alam yang dipicu dengan energi panas (*thermo-oxidation*), dengan prosedur sebagai berikut : lateks pekat sebanyak 400 gram dimasukkan ke dalam gelas kimia 1 L, lalu ditambahkan emal dengan dosis 1 bsk, asam askorbat 3 bsk, serta H₂O₂ dan NaNO₂ dengan dosis divariasikan (sesuai formula pada Tabel 1). Sampel dalam gelas kimia tersebut kemudian diletakkan di dalam *water bath* dengan temperatur sistem dipertahankan sebesar 70°C sambil diaduk dengan agitator dengan putaran sebesar 200 rpm. Degradasi lateks karet alam dilakukan dengan variasi waktu reaksi selama 2, 4, 6, dan 8 jam.

Pembuatan Karet Siklo

Sebanyak 400 gram lateks hasil degradasi molekul yang memiliki bobot molekul karet terendah ditambahkan surfaktan emulgen dengan dosis 2 bsk. Kemudian ditambahkan asam sulfat pekat sedikit demi sedikit sambil dilakukan pengadukan. Asam sulfat yang ditambahkan ke dalam lateks disesuaikan dengan berat karet

alam (berat asam sulfat pekat : berat karet alam = 2,3 : 1). Kondisi reaksi dipertahankan pada kisaran temperatur 100±3°C dan waktu reaksi selama 2,5 jam. Untuk karet siklo kontrol digunakan bahan baku dari lateks pekat.

Pembuatan Kompon Karet dan Perekat

Karet alam, karet siklo, dan bahan kimia karet dicampurkan di dalam mesin giling dua rol terbuka untuk membuat kompon karet. Formulasi bahan sesuai dengan Tabel 2. Perekat dibuat dengan cara melarutkan kompon karet dengan pelarut toluen teknis. Dalam percobaan ini, untuk melarutkan kompon karet digunakan perbandingan berat antara kompon karet dengan toluen sebesar 1 (satu) bagian berbanding 4 (empat) bagian.

Karakterisasi dan Pengujian Bahan

Pengujian viskositas instrinsik ($[\eta]$) karet alam hasil degradasi ditentukan secara viskometri. Berdasarkan hasil pengujian viskositas

Tabel 1. Formulasi bahan kimia untuk proses degradasi karet alam
Table 1. Materials formulation for natural rubber latex degradation

Resep kering <i>Dry recipe</i>		Resep basah <i>Wet recipe</i>	
Karet alam <i>Natural rubber</i>	100 bsk	Lateks alam (KKK 55,5 %) <i>Natural rubber latex (DRC 55,5%)</i>	400 gr
H ₂ O ₂	1 ; 2 ; 3 bsk	H ₂ O ₂ (50 %)	4,44 gr ; 8,88 gr ; 13,32 gr
NaNO ₂	1 ; 2 ; 3 bsk	NaNO ₂ (50 %)	4,44 gr ; 8,88 gr ; 13,32 gr
Emal	1 bsk	Emal (20 %)	11,1 gr
As. Askorbat	3 bsk	Asam Askorbat (25 %)	26,64 gr

bsk = bagian per seratus karet (*part per hundred rubber/phr*)

Tabel 2. Formulasi bahan kimia untuk pembuatan komponen karet

Table 2. Materials formulation for rubber compound preparation

Bahan Material	Bagian per seratus karet (bsk) Part per hundred rubber (phr)	
	A	B
Karet Alam	100	100
ZnO	5	5
Asam stearat	2	2
Karet siklo A	35	-
Karet siklo B	-	35
TBBS	0,7	0,7
Sulfur	2,25	2,25

sampel karet hasil degradasi pada beberapa konsentrasi larutan karet dapat diketahui nilai viskositas intrinsik karet alam hasil degradasi yang selanjutnya bobot molekul relatif rata-rata viskositas (M_v) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Mark-Houwink-Sakurada.

Karakterisasi karet siklo meliputi : spektra FTIR menggunakan spektrometer FTIR Biorad FTS 135 dan sifat termal menggunakan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) Mettler Toledo type 821e dan pengujian kuat rekatkan karet siklo dalam komponen karet menggunakan alat Tensometer Instron.

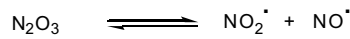
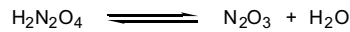
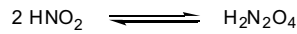
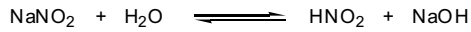
HASIL DAN PEMBAHASAN

Degradasi Lateks Karet Alam

Degradasi lateks karet alam dilakukan untuk mendapatkan lateks yang memiliki bobot molekul lebih rendah, seperti yang dijelaskan oleh Surdia (2000) bahwa degradasi polimer merupakan suatu teknik

atau proses untuk meremajakan struktur polimer melalui pemutusan ikatan dalam tulang punggung polimer sehingga menyebabkan turunnya bobot molekul atau pemendekan panjang rantai polimer. Produk lateks karet alam hasil degradasi yang memiliki bobot molekul paling rendah dalam percobaan ini selanjutnya akan dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan karet siklo.

Dalam penelitian ini, diamati pengaruh waktu reaksi dan bahan pendegradasi lateks karet alam terhadap lateks hasil degradasinya dan sebagai bahan pendegradasi digunakan kombinasi digunakan yaitu H_2O_2 dan $NaNO_2$, sedangkan waktu reaksi degradasi dilakukan pada 2, 4, 6, dan 8 jam. Penggunaan bahan pendegradasi H_2O_2 dan $NaNO_2$ dalam proses degradasi lateks karet alam ini merupakan jenis degradasi secara kimiawi melalui proses oksidasi. Kedua bahan pendegradasi tersebut adalah bahan inisiator yang berfungsi sebagai sumber radikal bebas. Umumnya bahan inisiator apabila diberikan energi (panas, cahaya, atau radiasi) yang memadai dapat terjadi pembentukan radikal bebas. Dalam percobaan ini, pemanasan sistem pada temperatur sebesar $70^\circ C$ dapat menyebabkan senyawa H_2O_2 mengalami dekomposisi menjadi sumber radikal bebas, yaitu radikal hidroksi ($\cdot OH$), sedangkan senyawa $NaNO_2$ dapat menghasilkan radikal bebas NO dan NO_2 melalui hidrolisis $NaNO_2$. Pembentukan radikal bebas dari senyawa $NaNO_2$ dapat dijelaskan berdasarkan persamaan reaksi berikut ini :



Molekul radikal bebas yang dihasilkan dari senyawa H_2O_2 dan NaNO_2 selanjutnya menjadi pemicu reaksi degradasi secara oksidatif pada molekul karet alam. Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1 sampai dengan 4 bahwa peningkatan dosis kombinasi bahan pendegradasi dapat menurunkan viskositas intrinsik dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas. Pada perlakuan perubahan dosis H_2O_2 (dosis 1 sampai dengan 3 bsk) dengan dosis NaNO_2 dan waktu reaksi tetap (tidak ada perubahan), hasil menunjukkan bahwa viskositas intrinsik dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas mengalami penurunan yang tidak nyata, sedangkan perlakuan perubahan dosis NaNO_2 (dosis 1 sampai dengan 3 bsk) dengan dosis H_2O_2 dan waktu reaksi tetap, hasil menunjukkan sebaliknya bahwa viskositas intrinsik dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas mengalami penurunan yang nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan pendegradasi NaNO_2 lebih efektif dapat memutuskan rantai molekul karet alam menjadi rantai molekul yang lebih pendek dibandingkan dengan bahan pendegradasi H_2O_2 . Berdasarkan Rastogi Adityaet *et al.* (2006), bahan H_2O_2 memiliki waktu paruh (*half-life*) yang singkat sehingga proses degradasi molekul karet alam secara oksidatif yang terjadi kurang baik, belum efektif memutuskan rantai molekul karet alam.

Bobot molekul relatif rata-rata viskositas paling rendah yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebesar $4,82 \times 10^5$, dihasilkan dari proses degradasi dengan perlakuan dosis kombinasi bahan pendegradasi H_2O_2 sebanyak 1 bsk NaNO_2 sebanyak 3 bsk. Peningkatan dosis bahan NaNO_2 sebagai bahan pendegradasi karet alam menunjukkan penurunan bobot molekul relatif rata-rata viskositas yang cukup besar sehingga bahan NaNO_2 cukup efektif untuk memutuskan rantai molekul karet alam. Pada saat bahan pendegradasi NaNO_2 dihidrolisis, menurut terbentuk sumber radikal bebas NO^\cdot dan NO_2^\cdot yang berfungsi untuk menginisiasi proses degradasi molekul karet alam. Molekul radikal bebas ini akan menyerang ikatan rangkap C=C pada molekul karet alam dan selanjutnya melalui proses oksidasi (O_2) terjadi pemutusan rantai molekul karet alam. Dalam penelitian ini juga ditambahkan asam askorbat yang dapat bereaksi dengan NaNO_2 melalui reaksi redoks. Menurut Detrembleur *et al.* (2002), reaksi asam askorbat dengan NaNO_2 merupakan reaksi redoks yang menghasilkan sumber radikal radikal nitroksil (NO^\cdot). Dengan demikian, adanya asam askorbat dapat berfungsi untuk meningkatkan efektifitas reaksi oksidasi molekul karet alam.

Pengaruh waktu reaksi degradasi lateks karet alam dengan menggunakan bahan kombinasi bahan pendegradasi H_2O_2 dan NaNO_2 terhadap viskositas intrinsik dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas karet alam cukup nyata, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 sampai dengan 4. Lamanya waktu reaksi degradasi

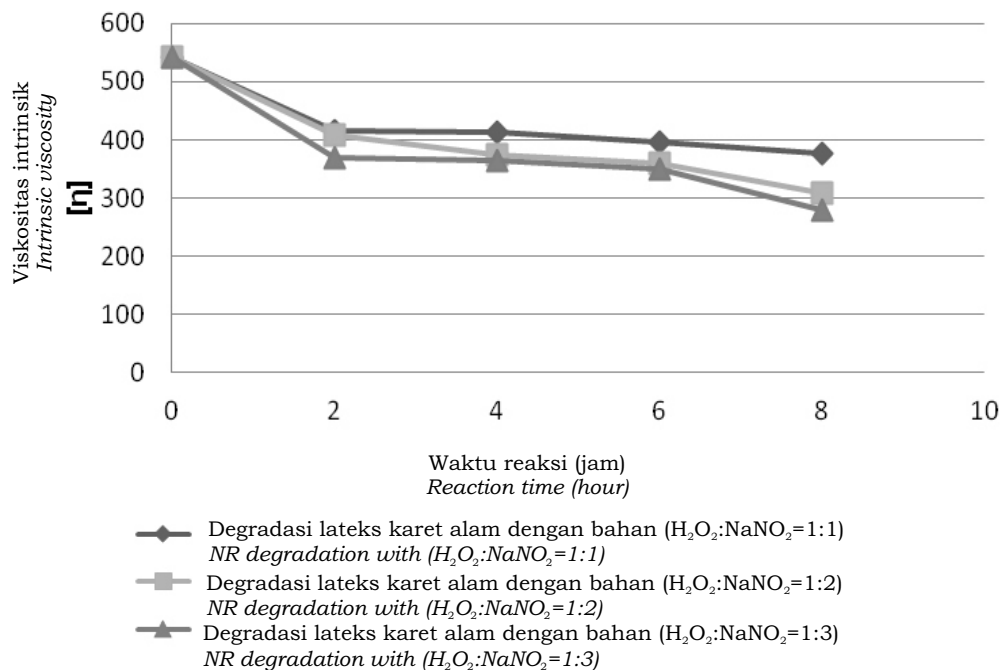
dapat mengakibatkan produk degradasi memiliki viskositas intrinsik dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas karet alam yang semakin rendah. Keadaan ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi dapat mengakibatkan pemutusan rantai molekul karet alam menjadi rantai molekulnya semakin pendek. Hal ini tampak secara jelas terutama pada degradasi lateks karet alam dengan perlakuan perubahan dosis bahan pendegradasi NaNO_2 .

Pada waktu reaksi degradasi lateks karet alam berlangsung selama 8 jam dengan perbandingan dosis kombinasi bahan pendegradasi H_2O_2 dengan NaNO_2 sebesar 1 bsk berbanding 3 bsk menghasilkan

produk karet alam degradasi yang memiliki viskositas intrinsik dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas karet alam paling rendah yakni viskositas intrinsik sebesar 279,31 dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas karet alam sebesar $4,82 \times 10^5$.

Pembuatan Karet Siklo

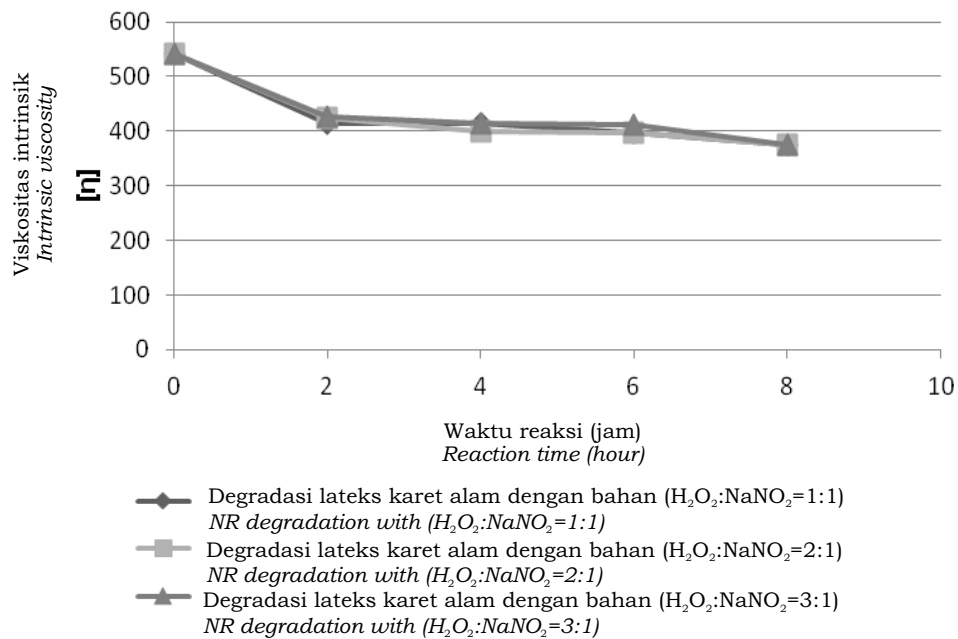
Dalam penelitian ini, karet siklo dibuat dengan cara menambahkan asam sulfat pekat ke dalam lateks karet alam. Asam sulfat pekat berfungsi sebagai katalis untuk pembentukan ion karbonium pada molekul karet alam yang selanjutnya terjadi proses siklisasi. Penam-



Gambar 1. Pengaruh waktu reaksi terhadap viskositas intrinsik dengan variasi rasio $\text{H}_2\text{O}_2/\text{NaNO}_2$

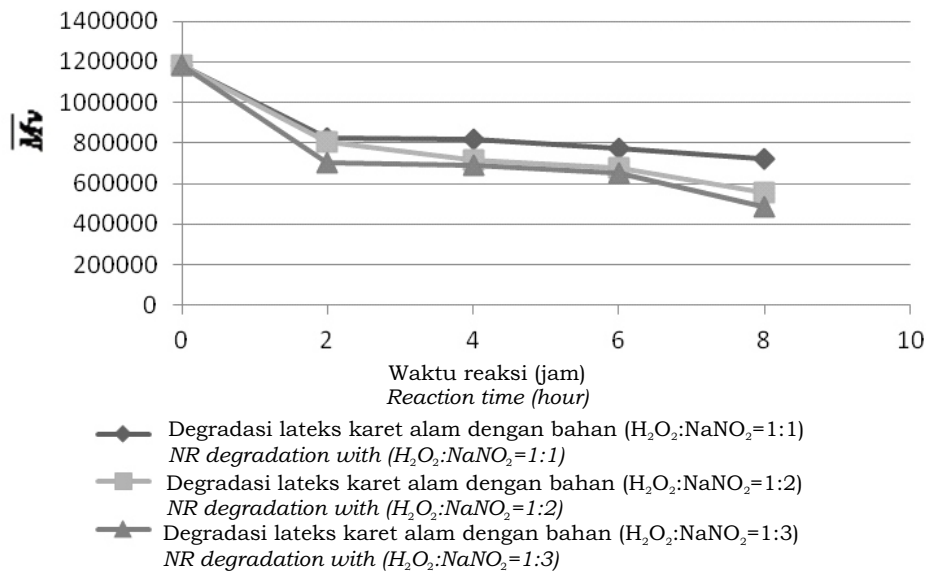
Figure 1. Effect of reaction time on intrinsic viscosity with variation of $\text{H}_2\text{O}_2/\text{NaNO}_2$ ratio

Karakterisasi karet siklo berbasis lateks karet alam berbobot molekul rendah



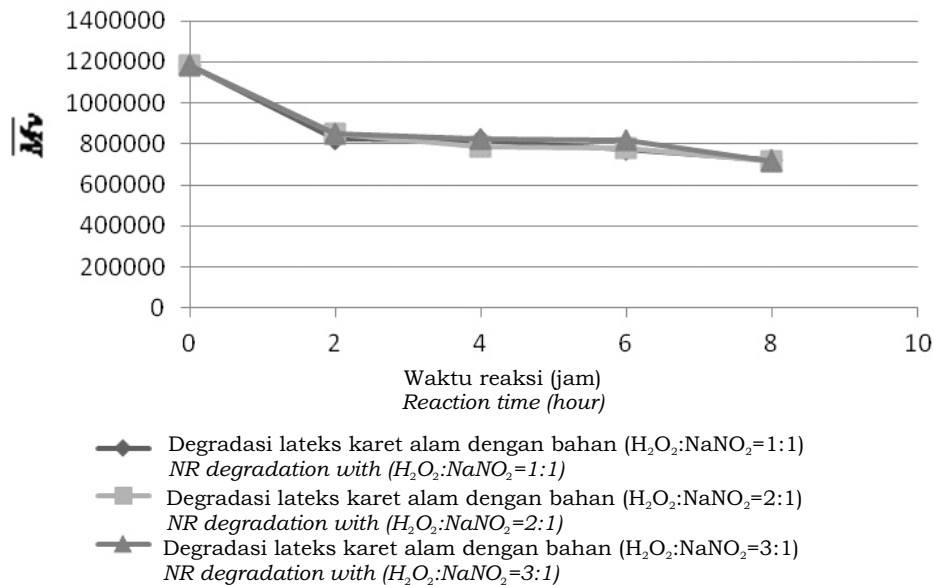
Gambar 2. Pengaruh waktu reaksi terhadap viskositas intrinsik dengan variasi rasio $H_2O_2/NaNO_2$

Figure 2. Effect of reaction time on intrinsic viscosity with variation of $H_2O_2/NaNO_2$ ratio



Gambar 3. Pengaruh waktu reaksi terhadap bobot molekul relatif rata-rata viskositas dengan variasi rasio $H_2O_2/NaNO_2$

Figure 3. Effect of reaction time on molecular weight of relatively average viscosity with variation of $H_2O_2/NaNO_2$ ratio



Gambar 4. Pengaruh waktu reaksi terhadap bobot molekul relatif rata-rata viskositas dengan variasi rasio $H_2O_2/NaNO_2$

Figure 4. Effect of reaction time on molecular weight of relatively average viscosity with variation of $H_2O_2/NaNO_2$ ratio

bahan asam sulfat pekat ke dalam lateks karet alam dapat menyebabkan penurunan kestabilan lateks sehingga dalam penelitian ini ditambahkan emulgen (surfaktan) yang berfungsi untuk menjaga kestabilan partikel lateks karet alam.

Indikator visual yang dijadikan penanda keberhasilan proses siklisasi lateks karet alam biasanya melalui perubahan warna pada lateks alam. Lateks karet alam berupa cairan yang berwarna putih ketika direaksikan dengan asam sulfat pekat, jika terjadi proses siklisasi pada lateks karet alam, maka terjadi perubahan warna menjadi berwarna ungu dan dosis asam sulfat pekat mempengaruhi intensitas warna ungu tersebut. Semakin tinggi dosis asam sulfat pekat maka akan terbentuk warna ungu yang semakin gelap.

Karakteristik Karet Siklo

Menurut Riyajan dan Sakdapipanich (2006), penampakan produk hasil siklisasi bermacam-macam tergantung derajat siklisasinya, seperti : bahan menyerupai karet (*rubbery*), bahan menyerupai karet yang keras (*hard rubbery*), dan bahan menyerupai serbuk (*powdery*). Dalam penelitian ini, dibuat karet siklo dari dua jenis bahan lateks yang berbeda dengan kondisi proses pembuatannya yang sama, yakni pada temperatur reaksi sebesar $100 \pm 3^\circ C$ selama 2,5 jam dengan menggunakan asam sulfat pekat (98%). Jenis bahan yang dipakai adalah lateks karet alam dan lateks karet alam berbobot molekul rendah (lateks hasil degradasi molekul karet). Karet siklo yang dihasilkan dari siklisasi lateks karet

alam berbobot molekul relatif rata-rata viskositas terendah memiliki bentuk berupa serbuk berwarna putih kecoklatan, sedangkan karet siklo dari siklisasi lateks karet alam berupa serbuk berwarna putih. Karakteristik karet siklo yang dibuat dalam penelitian tertera pada Tabel 3.

Spektra FTIR Karet Siklo

Analisis spektrometri FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) digunakan untuk mengetahui gugus fungsional yang terdapat dalam suatu molekul. Siklisasi karet alam merupakan suatu teknik modifikasi kimia melalui perubahan struktur molekul karet alam secara kimiawi yang semula berupa rantai terbuka menjadi struktur molekul yang melingkar (Van Veersen, 1951). Perubahan struktur molekul ini dapat diamati dengan teknik analisa spektrometri FTIR, melalui pengamatan perbandingan spektrogram FTIR dari karet alam dengan karet siklo. Menurut Victor dan Prajna dalam Riyajan dan Sakdapipanich (2006), spektroskopi infra merah dapat digunakan sebagai indikator

untuk mengamati terjadinya siklisasi karet alam yang terlihat dari munculnya spektra khas pada bilangan gelombang 800 - 900 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi tekuk ikatan C-H dari eksosiklik. Derajat siklisasi karet tersebut dapat dilihat dari perubahan intensitas serapan spektra FTIR pada bilangan gelombang 880 - 885 cm^{-1} dan 836 cm^{-1} , semakin tinggi intensitas serapan pada bilangan gelombang 880 - 885 cm^{-1} serta semakin rendah intensitas serapan pada bilangan gelombang 836 cm^{-1} menunjukkan peningkatan derajat siklisasi karet alam.

Spektrogram FTIR yang di tampilkan pada Gambar 5 merupakan perbandingan antara spektrogram FTIR karet alam sebagai kontrol dengan karet siklo dari siklisasi lateks karet alam dan karet siklo dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah. Berdasarkan spektra FTIR pada Gambar 5 terlihat bahwa spektra FTIR sampel karet siklo dari siklisasi lateks karet alam (b) dan karet siklo dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah (c) berbeda dengan spektra FTIR karet alam, terlihat puncak-puncak spektra yang baru serta

Tabel 3. Karakteristik karet siklo
Table 3. Characteristic of cyclo rubber

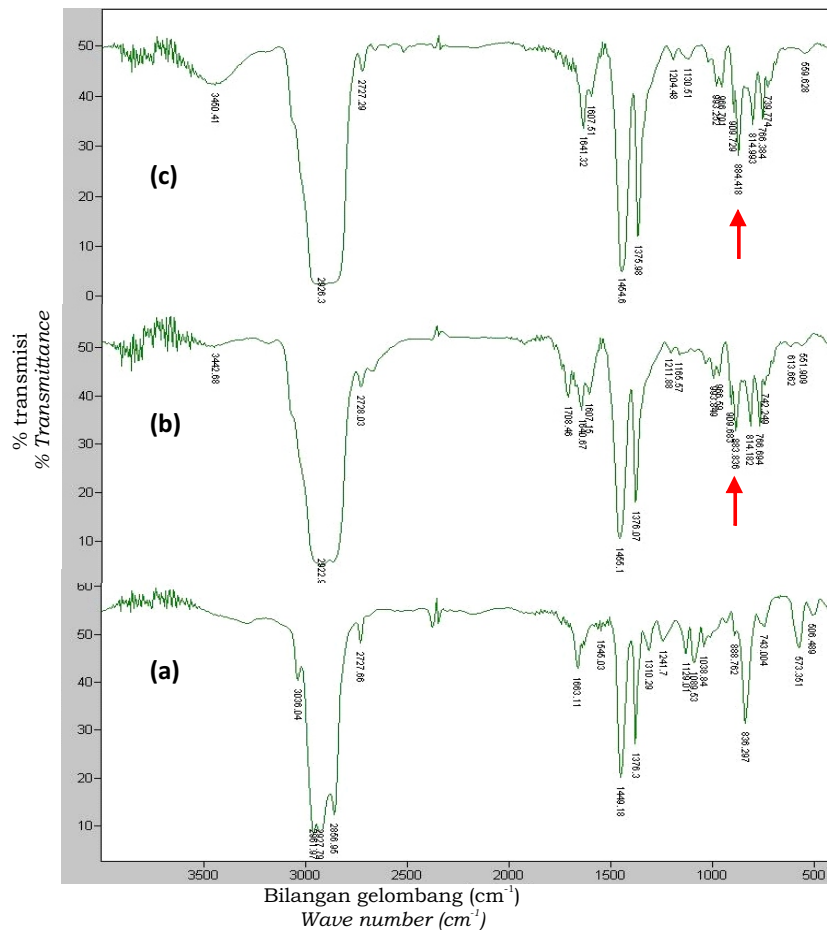
No.	Karakteristik <i>Characteristic</i>	Karet siklo (A) <i>Cyclo rubber (A)</i>	Karet siklo (B) <i>Cyclo rubber (B)</i>
1.	% Rendemen	93,2	90,2
2.	Bentuk	serbuk	serbuk
3.	Warna	putih	putih ke coklatan

- Karet siklo (A) = karet siklo dari siklisasi lateks karet alam
Cyclo rubber (A) = cyclo rubber produced from NR latex cyclization
- Karet siklo B = karet siklo dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah
Cyclo rubber (B) = cyclo rubber produced from cyclization of NR latex with low molecular weight

terjadi pergeseran puncak spektra. Pada spektrogram FTIR karet siklo muncul puncak-puncak spektra baru yaitu pada bilangan gelombang 3400 - 3500 cm^{-1} , 1700 - 1710 cm^{-1} , 883 cm^{-1} , dan 814 cm^{-1} serta menghilangnya puncak spektra pada bilangan gelombang 836 cm^{-1} bila dibandingkan dengan spektra FTIR karet alam.

Pada spektrogram FTIR karet siklo, puncak spektra dengan

bilangan gelombang 883 cm^{-1} menunjukkan vibrasi tekuk ikatan C-H dari eksosiklik. Kemudian puncak spektra di daerah bilangan gelombang 814 cm^{-1} menunjukkan deformasi/vibrasi keluar bidang (*out-of-plane deformation*) dari ikatan C-H metin olefinik tiga-tersubstitusi (*the tri-substituted olefinic methine*) pada struktur tersiklisasi. Di samping itu, pada sampel karet siklo dari lateks karet alam juga terdapat puncak spektra pada bilangan



Gambar 5. Spektra FTIR (a) karet alam (b) karet siklo dari siklisasi lateks karet alam (c) karet siklo dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah

Figure 5. FTIR spectra (a) natural rubber (b) cyclo rubber produced from NR latex cyclization (c) cyclo rubber produced from cyclization of NR latex with low molecular weight

gelombang 1700 - 1710 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus asam karboksilat dan diperkuat munculnya puncak spektra pada bilangan gelombang 3400 - 3500 cm^{-1} , sedangkan untuk sampel karet siklo dari hasil degradasi karet alam muncul puncak spektra yang melebar pada daerah bilangan gelombang 3400 - 3500 cm^{-1} menunjukkan gugus hidroksil (-OH). Gugus-gugus fungsional tersebut diperkirakan dari reaksi oksidasi sebagai reaksi samping dalam siklisasi lateks karet alam.

Sifat Termal Karet Siklo

Pada umumnya polimer bersifat semikristalin yaitu sebagian rantai polimer bersifat kristalin dan sebagian bersifat amorf. Analisis sifat termal karet siklo dengan DSC dapat digunakan untuk mengetahui struktur rantai polimernya apakah bersifat kristalin atau amorf melalui pengamatan suhu transisi (T_m dan T_g). Dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan suhu transisi tersebut antara karet siklo yang dibuat dari siklisasi lateks karet alam dengan karet siklo yang dibuat dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah.

Hasil analisis sifat termal dengan DSC karet siklo dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil pengujian sifat termal, karet siklo hanya memiliki suhu transisi (T_g) sehingga karet siklo secara keseluruhan memiliki rantai polimer bersifat amorf. Transisi (T_g) adalah suhu pada saat polimer terjadi perubahan dari keadaan gelas menjadi karet. Semakin tinggi T_g menunjukkan polimer yang semakin getas. Karet siklo yang dihasilkan

dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah memiliki suhu transisi (T_g) yang lebih kecil daripada suhu transisi (T_g) karet siklo dari siklisasi lateks karet alam. Suhu transisi (T_g) karet siklo dari siklisasi lateks karet alam dan lateks karet alam berbobot molekul rendah berturut-turut sebesar 88,07°C dan 72,22°C. Suhu transisi (T_g) karet siklo dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah lebih kecil daripada suhu transisi (T_g) karet siklo dari siklisasi lateks karet alam. Ini disebabkan interaksi antar partikelnya lebih lemah karena rantai molekul karet siklo dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah lebih pendek.

Kuat Rekatan

Aplikasi karet siklo yang dibuat dari siklisasi lateks karet alam selama ini masih belum optimal, tetapi berdasarkan karakteristik secara umum karet siklo memiliki daya lekat yang baik sehingga karet siklo yang dihasilkan dalam penelitian ini diuji-cobakan sebagai perekat. Perekat merupakan suatu bahan yang mampu menyambungkan atau menyatukan kedua

Tabel 4. Suhu transisi gelas (T_g) karet siklo

Table 4. Glass transition temperature (T_g) of cyclo rubber

No	Bahan polimer <i>Polymer</i>	Suhu transisi gelas (T_g) <i>Glass transition temperature (T_g)</i> (°C)
1.	Karet siklo (A) <i>Cyclo rubber</i>	88,07
2.	Karet siklo (B) <i>Cyclo rubber</i>	72,22

permukaan benda sehingga mempunyai kekuatan yang memadai saat dikenai beban tertentu (Salomon dan Schonlau, 1951). Perekat yang dibuat dalam penelitian merupakan perekat berbasis pelarut dan dibuat dengan cara mencampurkan karet siklo, karet alam, dan bahan kimia karet tertentu membentuk kompon karet. Formulasi kompon karet yang mengandung karet siklo untuk membuat perekat seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2. Formulasi yang dibuat mengacu kepada formulasi pembuatan kompon karet standar ASTM 2A yang dimodifikasi melalui penggantian carbon black dengan karet siklo. Dalam kompon karet yang dibuat, karet siklo berfungsi sebagai bahan pelekat/pelengket (*tackifier*), ZnO dan asam stearat berfungsi sebagai bahan pengaktif vulkanisasi, TBBS berfungsi sebagai bahan pencepat vulkanisasi, dan sulfur berfungsi sebagai bahan pemvulkanisasi.

Dalam penelitian ini, karet siklo yang diperoleh dari siklisasi lateks karet alam dan dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah dibandingkan sifat lekatannya pada substrat karet ke karet,

karet ke logam, dan logam ke logam melalui pengamatan hasil pengujian kuat rekatan. Hasil pengujian kuat rekatannya dirangkum dalam Tabel 5.

Berdasarkan hasil pengujian kuat rekatan yang ditunjukkan pada Tabel 5 bahwa kuat rekatan kompon karet yang mengandung karet siklo A pada substrat karet-karet memiliki nilai lebih tinggi dibanding substrat karet-logam dan logam-logam dengan nilai kuat rekatan pada substrat karet-karet, karet-logam, dan logam-logam berturut-turut sebesar 3,07 kg/cm²; 0,46 kg/cm²; dan 1,52 kg/cm²; sedangkan kuat rekatan kompon karet yang mengandung karet siklo B memiliki nilai paling tinggi pada substrat logam-logam dengan nilai kuat rekatan pada substrat karet-karet, karet-logam, dan logam-logam berturut-turut sebesar 1,17 kg/cm²; 1,29 kg/cm²; dan 2,83 kg/cm².

Kuat rekatan kompon karet yang mengandung karet siklo A pada substrat karet-karet lebih baik dari pada kuat rekatan kompon karet yang mengandung karet siklo B, sebaliknya untuk substrat karet-

Tabel 5. Kuat rekatan kompon karet yang mengandung karet siklo
Table 5. Adhesion of rubber compound containing cyclo rubber

No.	Kompon karet yang mengandung <i>Rubber compound containing</i>	Kuat Rekatan ^{xj} <i>Adhesion^{xj}</i>		
		Karet ke karet <i>Rubber to rubber</i> kg/cm ²	Karet ke logam <i>Rubber to metal</i> kg/cm ²	Logam ke logam <i>Metal to metal</i> kg/cm ²
1.	Karet siklo (A) <i>Cyclo rubber</i>	3,07	0,46	1,52
2.	Karet siklo (B) <i>Cyclo rubber</i>	1,17	1,29	2,83

^{xj} = sesuai formulasi kompon karet pada Tabel 2 (*according to rubber compound formulation in Tabel 2*)

logam dan logam-logam kompon karet yang mengandung karet siklo B lebih unggul. Hal ini menunjukkan karet siklo B memiliki sifat lekatan yang baik pada substrat logam. Alasan ini diperkuat berdasarkan hasil analisa spektrometri FTIR, karet siklo B mengandung gugus fungsional hidroksil (-OH) pada struktur molekulnya begitu juga pada struktur molekul karet siklo A. Namun jumlah gugus hidroksil pada karet siklo B lebih banyak dibandingkan dengan karet siklo A, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 karet siklo B memiliki luas area pada bilangan gelombang 3400 - 3500 cm^{-1} lebih besar daripada karet siklo A. Semakin banyak jumlah gugus hidroksil pada karet siklo dapat menunjukkan peningkatan polaritas bahan. Oleh karena itu, polaritas karet siklo B lebih besar daripada karet siklo A sehingga karet siklo B lebih kuat untuk menyatukan substrat logam dengan logam dari pada karet siklo A.

KESIMPULAN

Kombinasi bahan pendegradasi yang digunakan dan peningkatan waktu reaksi terbukti dapat menurunkan viskositas instrinsik dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas karet alam. Degradasi lateks karet alam pada temperatur reaksi sebesar 70°C dengan bahan pendegradasi H_2O_2 1 bsk dan NaNO_2 3 bsk selama 8 jam waktu reaksi dapat menghasilkan karet alam yang memiliki viskositas intrinsik dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas terendah dengan nilai viskositas intrinsik sebesar 279,31 dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas sebesar $4,82 \times 10^5$. Dengan demikian laju degradasi lateks karet alam tergantung jenis

dan dosis bahan pendegradasi serta waktu reaksi.

Lateks karet alam hasil degradasi polimer menggunakan kombinasi bahan pendegradasi H_2O_2 1 bsk dan NaNO_2 3 bsk dengan waktu reaksi degradasi selama 8 jam yang memiliki bobot molekul relatif rata-rata viskositas terendah telah berhasil disiklisasi dengan menggunakan katalis asam sulfat pekat. Karet siklo yang dihasilkan dari proses siklisasi pada bahan tersebut memiliki bentuk berupa serbuk berwarna putih kecoklatan. Hasil spektra FTIR menunjukkan bahwa proses siklisasi dari lateks karet alam berbobot molekul rendah telah berhasil disintesis yang ditunjukkan melalui pembentukan puncak-puncak khas spektra FTIR dari karet siklo yaitu munculnya puncak spektra pada bilangan gelombang 883 cm^{-1} dan menghilangkan puncak spektra khas dari karet alam yakni pada panjang gelombang 836 cm^{-1} .

Hasil analisis sifat termal dengan DSC menunjukkan bahwa karet siklo yang dihasilkan dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah memiliki suhu transisi Tg yang lebih kecil daripada suhu transisi Tg karet siklo dari siklisasi lateks karet alam. Suhu transisi Tg karet siklo dari siklisasi lateks karet alam dan lateks karet alam berbobot molekul rendah berturut-turut sebesar 88,07°C dan 72,22°C.

Hasil pengujian kuat rekatan kompon karet yang mengandung karet siklo dari siklisasi lateks karet alam berbobot molekul rendah memiliki kuat rekatan yang lebih baik daripada karet siklo dari siklisasi lateks karet alam pada rekatan substrat karet-logam dan logam-logam,

sebaliknya pada rekatan substrat karet-karet daya rekatannya lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Coomarasamy, A., P.P., Perera, and M. Nadarajah. 1981. Preparation and uses of cyclised rubber obtained from papain coagulated natural rubber, *J. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka*, 58, 46-57.
- Detrembleur, C., A. Mouithys Nikcalad, P. Teyssie, and R. Jerome. 2002 Sodium nitrite and ascorbic acid : A metal free combinations that controls the free-radical polymerization of tert-buthyl methacrylate in water. *e-Polymer Journal*(004).
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2010. Statistik Perkebunan Indonesia : *Karet*. Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan, Jakarta.
- IRSG. 2006. *Rubber Statistical Bulletin*, International Rubber Study Group, Wembley, United Kingdom, 61 (1).
- Rastogi Aditya, Souhail Al-Abed, and Dionysios D. Dionysiou. 2006. Iron-Peroxymonosulfate : A Novel Sulfate Radical Based Advanced Oxidation Technology for Degradation of PCBs. *The 12th International Conference on Advanced Oxidation Technologies for Treatment of Water Air and Soil*, Pennsylvania, Sept. 25-28.
- Riyajan, S., and J.T. Sakdapipanich. 2006. Cationic cyclization of deproteinized natural rubber using sulfuric acid. *Elastomer and Plastics*, 104-109.
- Salomon, G., and Schonlau. 1951. *Rubbery Adhesive*. In de Bruyne, N. A., and R. Houwink. Adhesion and Adhesive. Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
- Stolka, M., J. Vodehnal, and I. Kossler. 1964. *J. Polymer. Sci.* A2, 3987.
- Solanky, S.S., R.P. Sing, D. Reyx, and I. Campistron. 2000. Photo-controlled degradation of natural rubber. *J. Nat. Rubb Res*, 3(2), 76-94.
- Surdia, N.M. 2000. Degradasi polimer. *Majalah Polimer Indonesia*. 3(1), 20-21.
- Solanky, S.S., and R.P. Sing. 2003. Functional End Group Determination in Photo-degraded Liquid Rubbers. *J. Nat. Rubb Res*, 6(1), 1-11.
- Suda Kiatkamjornwong, Roongkan Nuisin, Guang-Hui Ma, and Shinzo Omi. 2000. Synthesis of styrenic toner particles by SPG emulsification technique. *Chinese J. of Polymer Science*, 18 (4), 309-322.
- Van Veersen, G.J. 1951. The structure of cyclised rubber. *Rubber Chemistry and Technology*, 24, 957-969.